ÜBER VORKOMMEN, ANATOMISCHE UND HISTOLOGISCHE ENTWICKELUNG SOWIE PHYSIOLOGISCHE BEDEUTUNG DER

HERZKNOCHEN BEI WIEDERKÄUERN.

DISSERTATION
ZUR ERLANGTEN PHILOSOPHISCHEN DOCTORWÜRDE
VORGELEGT
DER PHILOSOPHISCHEN FACULTÄT
DER
UNIVERSITÄT ERLANGEN
VON

GUSTAV VAERST,
REPETITOR FÜR ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE AN DER KÖNIGL. THIERARZNEISCHULE ZU HANNOVER.

MIT 3 TAFELN.

LEIPZIG,
DRUCK VON J. B. HIRSCHFELD.
1886.

ÜBER VORKOMMEN, ANATOMISCHE UND HISTOLOGISCHE ENTWICKELUNG SOWIE PHYSIOLOGISCHE BEDEUTUNG DER

HERZKNOCHEN BEI WIEDERKÄUERN.

DISSERTATION
ZUR ERLANGTEN PHILOSOPHISCHEN DOCTORWÜRDE
VORGELEGT
DER PHILOSOPHISCHEN FACULTÄT
DER
UNIVERSITÄT ERLANGEN
VON

GUSTAV VAERST,
REPETITOR FÜR ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE AN DER KÖNIGL. THIERARZNEISCHULE ZU HANNOVER.

MIT 3 TAFELN.

LEIPZIG,
DRUCK VON J. B. HIRSCHFELD.
1886.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546420_0047

Das Herz, dieses Hauptorgan der sichtbaren Lebenserscheinungen, das „Viscus primarium et nobilissimum totius corporis, fons nectaris vivifici, cujus influxu vitalitas singularum partium recreatur atque fovetur; quod primum nascitur et ultimum moritur; cujus beneficio vivunt et subsistunt omnes corporis partes“ Riolan's[1]), hat seiner, in vorstehenden Worten treffend gegebenen Bedeutung entsprechend, seit ältester Zeit die grösste Beachtung gefunden. Zur Eruirung seiner formativen und functionellen Verhältnisse sind an ihm, besonders seit der Entdeckung des Blutkreislaufes durch Harvey (1628), Untersuchungen in derartiger Ausdehnung, wie an keinem anderen thierischen Organe, vorgenommen. Dafür spricht die Unmenge der auf diese Weise entstandenen Schriften. Es muss deshalb überraschen, nichtsdestoweniger noch hie und da Bestandtheile des Herzens zu finden, die in ihrem Verhalten nicht die genügende Beachtung gefunden haben. So ist es mit den Herzknochen der Wiederkäuer der Fall.

In meiner bisherigen Thätigkeit als Repetitor für Anatomie und Physiologie an der hiesigen Thierarzneischule hatte ich wiederholt Gelegenheit, bei Wiederkäuern das Vorhandensein von Herzknochen, resp. deren Andeutung zu beobachten. Aus der Literatur vermochte ich nicht den gewünschten Aufschluss über das Vorkommen, die Entwicklung und physiologische Bedeutung

1) Fil. Encheiridium anatomicum et pathologicum Lugdun. Batav. MDCXLIX. p. 218.

fraglicher Gebilde zu gewinnen und nahm deshalb Veranlassung, dieser Frage durch eigene Untersuchungen näher zu treten.

Nach den Angaben verschiedener Autoren findet sich zunächst, als Analogon der Herzknochen bei Wiederkäuern, bei Pferden im rechten Faserringe des Aortenursprunges ein unregelmässig dreieckiger Herzknorpel, der am besten vom rechten Atrium aus zu fühlen, in der Tiefe der Herzmusculatur vor den Einmündungsstellen der Vena cava posterior und Vena coronaria cordis magna gelegen ist und der rechten Valvula semilunaris aortae zur Anheftung dient. An der linken Seite liegt zuweilen ein bedeutend kleinerer Knorpel zur Anheftung für die linke Valvula semilunaris aortae. Ersterer verknöchert nach den Angaben von Gurlt[1]) und Owen[2]) öfter bei alten Thieren. Leyh[3]) und Schwab[4]) sahen den Herzknorpel nur „theilweise" verknöchern, beobachteten ihn ebenfalls, wie Leuckart beim Schweine, bei welchem Andere, wie Jäger, ihn vermissten.

Bei den Carnivoren fehlt der Herzknorpel gewöhnlich vollkommen, oder aber er ist nur schwach entwickelt. Beim Löwen und Tiger finden sich fast regelmässig im Aortenursprunge zwei Stellen verhärteten Gewebes, die Owen[2]) als Analoga der Herzknorpel der Einhufer anspricht.

Wie schon Meckel[5]) anführt, wird die Knochenbildung im Herzen namentlich bei den Wiederkäuern und hier wieder speciell bei dem Edelhirsch, dem Ochsen und dem Schaf beobachtet. Lüthi vermisste sie beim Reh und Dammhirsch, wo sie Greve indess constatirte.

Chauveau[6]), Leyh[7]), Gurlt[8]), sowie Fürstenberg und Rohde[9]) weichen in ihren Beschreibungen der Herzknochen bei Wiederkäuern nicht wesentlich von einander ab. Die Ausführungen hierüber sind allerdings nur dürftig. Diesbezüglich sagt der sonst in seinen Arbeiten ausführlichere Chauveau: „Chez le boeuf on trouve deux petits os dans l'épaisseur de la

1) Handbuch der vergleichenden Anatomie. Berlin 1873. S. 573.
2) The anatomy of vertebrates. London 1868. III. p. 523.
3) Handbuch der Anatomie der Hausthiere. Stuttgart 1859. S. 202.
4) Lehrbuch der Anatomie der Hausthiere. Stuttgart 1839. S. 262.
5) System der vergleichenden Anatomie. Halle 1831. S. 295.
6) Traité d'anatomie comparée des anim. domest. II. p. 476. Paris 1854—1856.
7) a. a. O. S. 201.
8) a. a. O. S. 574.
9) Die Rindviehzucht. I. S. 361. Berlin 1873.

zone aortique. L'un, le plus grand, est placé à droite, dans le point, où l'anneau artériel s'adosse aux zones auriculo-ventriculaires; l'autre, situé à gauche, n'est peut-être point constant." Nach den etwas genaueren Angaben der letzen beiden Autoren liegt der grosse Herzknochen in der Scheidewand über dem mittleren Theil des Ostium venosum, unter der Mündungsstelle der hinteren Hohlvene und vor der der grossen Kranzvene, eingebettet in der Muskelsubstanz; etwas weiter links von diesem der kleine Herzknochen. Ersterer ist ein „länglich flacher Knochen, welcher 60 Mm. lang, an den beiden Enden 11 Mm., in der Mitte 6 Mm. breit ist. Seine beiden Ränder, ein oberer und ein unterer, sind ausgeschweift und verlaufen ziemlich parallel. Das eine Ende, das hintere, endet in eine, das andere, vordere, infolge eines Ausschnittes in zwei Spitzen. Der kleine Herzknochen ist 20 Mm. lang und von dreieckiger Gestalt. Das eine Ende läuft in eine abgerundete Spitze aus, das andere, 13 Mm. breite, hat zwei Winkel. Der eine Rand verläuft beinahe gerade, der andere ist ein wenig ausgehöhlt; beide sind breit". . . . . „Am Ursprung der Aorta sind die Knochen so gelagert, dass die linke halbmondförmige Klappe des Blutgefässes sich an den kleinen befestigt, die rechte halbmondförmige sich an den grossen anheftet. An den unteren Rand des ersteren heftet sich in seiner ganzen Ausdehnung der mittlere Theil der mützenförmigen Klappe an."

Hiermit ist die Literatur über das Vorkommen der Herzknochen erschöpft. Ueber ihre Entwicklung und physiologische Bedeutung ist in derselben überhaupt nichts zu finden.

Als Basis für die weiteren Untersuchungen stellte ich zunächst einen ausführlichen Befund der einschlägigen Verhältnisse an dem Herzen eines älteren Thieres, bei dem die Herzknochen und die damit in Verbindung stehenden Theile am besten ausgebildet sind, fest und zwar bei einem zehnjährigen, kräftig constituirten und gemästeten Ochsen, voigtländer Raçe (vergl. Taf. I).

Die Herzhöhle betrug, von Herzbasis bis -Spitze gemessen, 24 Cm., die Circumferenz, direct unter dem Sulcus circularis, 54 Cm. Die beiden an der Seitenwand des Ventriculus sinister gelegenen Musculi papillares und die von diesen zu der Valvula mitralis oder bicuspidalis (m und $m_{/}$) gehenden Chordae tendineae sind stark entwickelt. Dasselbe ist der Fall bei der Valvula mitralis selbst und den Valvulae mitrales aortae (s, $s_{/}$ und $s_{//}$). Die hintere dem Atrium sinistrum anliegende Wand der Aorta ist nicht so stark ausgebildet als der übrige Theil derselben und

geht fast unmerklich in die Valvula mitralis über. Die dieser Partie entsprechende Atriummusculatur ist nur in sehr dünner Lage vorhanden; auch ist an dieser Stelle der Annulus fibrosus aortae weniger ausgeprägt. Die Arteria coronaria cordis sinistra (*a*) geht innerhalb des Bereiches der Valvula semilunaris sinistra (*s*) in der Tiefe des entsprechenden Sinus Valsalvae (*v*) mit einer 1 Cm. weiten Oeffnung, die Arteria coronaria cordis dextra (*b*) innerhalb des Bereiches der Valvula semilunaris anterior (s_I), mit einer 0,5 Cm. weiten Oeffnung, ebenfalls in der Tiefe des entsprechenden Sinus Valsalvae aus dem Anfangstheil der Aorta hervor. Ueber der letzteren Oeffnung, ungefähr da, wo der freie Rand der ausgespannten Valvula semilunaris anterior sich der Aorta anlegen würde, circa $2^1/_2$ Cm. vom Aortenursprung, dem Annulus fibrosus, entfernt, beginnt das Ostium aortae anterioris (*c*) mit einer anfangs schwächeren, bald stärker werdenden Ausbuchtung. Der obere, schärfer hervortretende Rand dieser Oeffnung liegt ca. 7 Cm. vom Annulus fibrosus entfernt.

In dem rechts gelegenen Theil des Aortenursprunges fühlt man, sowohl von der Aorta selbst, als auch vom Atrium dextrum aus, einen langgezogenen, schwach gekrümmten Knochen (*g*), der sich hinten spitz, vorn mehr abgestumpft, resp. winkelig anfühlt, sich vorn etwas nach links, bis in eine Entfernung von 2 Cm., zum Ostium arteriae coronariae cordis dextrae hinwendet.

Im linken Abschnitt des Aortenursprunges fühlt man einen kleineren Knochen (*k*), dessen hinteres Ende spitz zuläuft. Sein vorderes Ende liegt in der Tiefe der Musculatur, weshalb seine Beschaffenheit nicht deutlich zu constatiren ist.

Beide Knochen gehen hinten zunächst in feste Knorpel und durch diese in den Annulus fibrosus über. Von der oberen Fläche entspringt die Aorta, von der unteren Fläche dieser Knorpel gehen Theile der Valvula mitralis ab.

An den oberen rechten der hinteren und den rechten der vorderen Hälfte des rechten Herzknochens heftet sich an der entsprechende Theil der Aorta, an den oberen linken Rand der hinteren Hälfte die zwei vorderen Drittel der Valvula semilunaris dextra (s_{II}); das hintere Drittel befestigt sich an den Annulus fibrosus. Das hintere Drittel der Valvula semilunaris anterior (s_I) inserirt sich quer von rechts nach links auf der oberen Fläche der vorderen Knochenhälfte. Die linke Fläche der hinteren und der linke Rand der vorderen Partie dienen dem Septum ventriculorum (*x*) zur Anheftung. An dem hinteren Rande heftet sich

ein Theil der Valvula bicuspidalis (m_l) an. Auf der rechten Fläche des hinteren nach oben sich dreieckig zuspitzenden Endes entspringen Fasern von der Musculatur des Atrium sinistrum, auf der unteren Fläche der vorderen Knochenhälfte solche vom Atrium dextrum und Septum atriorum.

Von der oberen Fläche des linken kleineren Knochens (k) entspringt gleichfalls ein Theil der Aorta und von dieser Stelle rechts ein Theil der Valvula semilunaris sinistra (s). Es inseriren sich ferner auf der linken Fläche der vorderen Knochenhälfte Muskelfasern vom Atrium sinistrum, auf der rechten Fläche derselben solche vom Ventriculus sinister (z); am unteren Rande der hinteren Knochenhälfte ein Theil der Valvula mitralis (m), von dem einige stark entwickelte Chordae tendineae sich nach dem linkerseits gelegenen Musculus papillaris hinziehen.

Beide Knochen wurden vorsichtig aus der Musculatur herauspräparirt und von den an ihnen sich inserirenden Theilen befreit.

Der grosse Herzknochen (Taf. II. III Fig. 1 Ag und Fig. 1 Bg) hat die Form eines Stiefels und zerfällt in eine hintere, im Ganzen mehr dreieckige, von links nach rechts und in eine vordere, mehr viereckige, von oben nach unten zusammengedrückte Hälfte. Die Länge des ganzen Knochens beträgt 7 Cm., die grösste Breite der vorderen Hälfte durchschnittlich 1,5 Cm., ihre Dicke (von oben nach unten gemessen) 0,15 Cm. Die grösste Dicke der hinteren Hälfte (von links nach rechts gemessen) 0,5 Cm., ihre Höhe 2,7 Cm.

An der hinteren Hälfte kann man deutlich drei Flächen, eine linke, rechte und obere, sowie vier Ränder, einen oberen linken, einen oberen rechten, einen unteren und einen hinteren, unterscheiden. Die linke und obere Fläche sind geebnet, die rechte ist nach hinten mehr ausgebuchtet; der obere linke Rand mehr abgeflacht; die übrigen Ränder treten schärfer hervor. Im unteren Drittel des hinteren Randes ist ein deutlicher Ausschnitt. Die obere, dem Zehentheil des Stiefels entsprechende Partie der hinteren Hälfte ist dreikantig und läuft nach oben in eine Spitze aus, an welche sich Knorpelmasse anlehnt. Die untere, dem Stiefelabsatze entsprechende Partie ist mehr flach und viereckig. Die obere Fläche der vorderen Knochenhälfte geht nach hinten allmählich in die linke und obere, die untere nach hinten allmählich in die rechte Fläche über, der rechte Rand setzt sich in den rechten oberen und der linke in den unteren Rand der hinteren Knochenhälfte fort. An der Uebergangsstelle der letzten

beiden Ränder befindet sich ein deutlich abgesetzter Höcker. Vorn endigt die vordere Hälfte in eine stumpfe Spitze, an welche sich der Annulus fibrosus durch Knorpelmasse anschliesst. Die Ränder des ganzen Knochens sind mehr oder weniger uneben, gekerbt, doch sind diese Unebenheiten mit Knorpelmasse ausgefüllt.

Der linke, kleinere Knochen (Taf. II. III Fig. 1*Ak* u. Fig. 1*Bk*) besteht aus einer hinteren, seitlich zusammengedrückten und einer vorderen, tetraederförmigen Hälfte. Erstere liegt fast vollkommen in Knorpelmasse eingehüllt, ist etwa 0,3 Cm. breit, 1,2 Cm. lang und 0,05 Cm. dick. Die vordere grössere Hälfte lässt fünf Kanten, resp. Ränder, einen vorderen, rechten oberen, rechten unteren, linken oberen und linken unteren, sowie vier Flächen, eine obere, untere, linke, rechte, und drei Ecken, eine linke vordere, rechte vordere und hintere, erkennen. Die vier Flächen und letzten vier Ränder laufen nach hinten allmählich in die entsprechenden Partien der hinteren Hälfte aus. Die Breite des Knochens beträgt an dem vorderen Rand 1,4 Cm., die Länge der linken 1,7 Cm., die der rechten Fläche 2 Cm., die Durchschnittsdicke der hinteren Partie 0,5 Cm.

Was nun das Vorkommen der Herzknochen bei anderen Wiederkäuern anbetrifft, so constatirte ich bei einem 2jährigen Schaf (Hammel) einen rechterseits gelegenen, nicht ganz 2 Cm. langen Knorpel (Taf. II. III Fig. 2*a*), in dessen Mitte ein 0,5 Cm. langer und 0,1 Cm. dicker resp. breiter Knochen eingebettet war — seine Längsaxe fiel mit der des Knorpels zusammen — und bei einem 4jährigen Hammel einen 2 Cm. langen und durchschnittlich 0,25 Cm. breiten resp. dicken Knochen (Taf. II. III Fig. 2*b*), dessen Form im Wesentlichen der des oben beim Rind geschilderten grossen Knochens entspricht. Auch an ihm kann man eine hintere, von links nach rechts und eine vordere, mehr von oben nach unten zusammengedrückte Partie, an der vorderen Partie eine obere und untere, einen linken und rechten Rand und an der hinteren Partie eine linke, eine obere und eine rechte Fläche, sowie einen oberen linken, einen oberen rechten, einen unteren und einen hinteren Rand erkennen. Doch ist an dem letzteren der beim Rind den oberen dreieckigen und unteren mehr viereckigen Theil trennende Ausschnitt noch nicht vorhanden.

An der der Lage des linken Herzknochens beim Rind entsprechenden Stelle war im zweiten Fall nur eine schwache An-

deutung eines Knorpels, im ersten Fall auch dieses nicht zu constatiren. Es scheint demnach, als wenn beim Schaf, wenn überhaupt, so doch erst in späteren Jahren es zur Bildung einer Knochenmasse kommt.

Gelegentlich meiner Anwesenheit in Bad Eilsen zeigte Seine Durchlaucht der Prinz Adolf von Schaumburg-Lippe mir eine interessante Auswahl selbstgesammelter Herzknochen verschiedener Wildarten. Seine Durchlaucht überliess mir in huldvollster Weise einige der Präparate zu dieser Arbeit, und verfehle ich nicht, dafür nochmals an dieser Stelle meinen Dank auszusprechen.

Herzknochen von einer 5- bis 8jährigen Hirschkuh (Taf. II. III Fig. 3*a*).

Derselbe ist 1,4 Cm. lang, 0,6 Cm. breit, vorn 0,15 Cm., hinten 0,1 Cm. dick. Eine vordere und hintere Hälfte lässt sich schwer unterscheiden. Er hat die Form eines Dreiecks. Der hintere Rand ist convex. Der obere Rand geht mehr in die Breite und lässt eine Abflachung erkennen. Auf der Mitte der linken Fläche, nahe dem oberen Rande, setzt sich eine leichte Erhabenheit ab.

Herzknochen von einem 10- bis 15jährigen Hirsch (Taf. II. III Fig. 3*b*).

Fraglicher Knochen ist 2,5 Cm. lang, durchschnittlich 0,8 Cm. breit und 0,15 Cm. dick. Man kann an ihm einen vorderen, spitz zulaufenden und einen hinteren, viereckigen Theil unterscheiden. Die linken resp. unteren Ränder beider Theile sind durch einen schwach angedeuteten Ausschnitt, die rechten resp. oberen durch einen rundlichen Höcker von einander getrennt. Die obere des dreieckigen und die linke Fläche des viereckigen Theiles gehen ohne besondere Grenze in einander über; dagegen sind die untere des dreieckigen und die rechte Fläche des viereckigen Theiles durch eine deutliche Erhabenheit von einander getrennt.

Herzknochen von einem 3 bis 6jährigen Rehbock (Taf. II. III Fig. 3*c*).

Man kann an dem vorderen, länglich dreieckigen Theil eine obere und untere Fläche, sowie einen linken und rechten Rand unterscheiden, an dem hinteren, mehr stumpf dreieckigen Theil eine linke ebene und eine rechte etwas convexe Fläche, ferner einen oberen und einen unteren unmerklich in den linken Rand des vorderen Theiles übergehenden Rand constatiren. Die obere des vorderen und die linke Fläche des hinteren Theiles sind durch

eine Kante getrennt; dagegen ist eine Grenze zwischen der unteren des vorderen und rechten Fläche des hinteren Theiles nicht wahrzunehmen. Die Länge des Knochens beträgt 1,4 Cm. Die vordere Partie ist durchschnittlich 0,05 Cm. dick und 0,15 Cm. breit, die hintere Partie 0,3 Cm. hoch und 0,2 Cm. dick.

Alle drei Knochen lassen in ihrem Aussehen mehr oder weniger die Gestalt des grossen Herzknochens beim Rind erkennen.

Bei dem Interesse, welches Seine Durchlaucht für fragliche Knochen an den Tag legte, ist anzunehmen, dass mit grösster Sorgfalt nach denselben gesucht wurde, und dass sich im links gelegenen Aortenursprung keine härtere Masse, vor Allem keine Knochensubstanz, bei der Palpation kundgab. Es gewinnt den Anschein, als ob beim Hirsch und Reh, wie beim Schaf, es nicht zur Entwicklung eines linken Herzknochens kommt.

Verfolgen wir die *anatomische Entwicklung* der Herzknochen beim Rind, so lässt sich zunächst bis zu einem Alter von circa 4 Wochen — es ist stets das extrauterine Alter gemeint — nur Knorpelmasse, doch kein Knochen constatiren. Mit diesem Alter bildet sich allmählich der rechte Knochen aus.

I. Taf. II. III Fig. 4 zeigt ihn uns von einem 4 bis 5 Wochen alten männlichen Kalb. Er liegt am hinteren oberen Rand des betreffenden Knorpels, ist circa 0,15 Cm. lang und 0,075 Cm. breit und dick.

II. Circa 2 Wochen später, bei einem 6 bis 7 Wochen alten männlichen Kalb (Taf. II. III Fig. 5), hat er bereits eine Länge von 0,7 Cm., Breite von 0,3 Cm. und Dicke von 0,1 Cm. Seine Form ist oval. Die Längsaxe fällt in die Richtung der Längsaxe des Knorpels.

III. 10 Wochen altes männliches Kalb (Taf. II. III Fig. 6).

Der rechte Knochen (*g*) ist mehr in die Länge gewachsen, liegt an dem rechten unteren Knorpelrand. Seine Länge beträgt 1 Cm., seine Breite 0,3 Cm. und seine Dicke 0,2 Cm.

Linkerseits hat sich nunmehr ebenfalls Knochenmasse gebildet (*k*). Dieselbe ist in der Mitte der vorderen Knorpelpartie gelegen, circa 0,2 Cm. lang, 0,1 Cm. dick resp. breit. Die Form ist gerundet, das benachbarte Knorpelgewebe härter, als die übrige Knorpelsubstanz.

IV. 1jähriger Ochse (Taf. II. III Fig. 7).

Beide Knochen sind bereits bedeutend gewachsen. Der rechte (*g*) ist 3,3 Cm. lang, vorn 0,4 Cm., hinten 1,1 Cm. hoch und im

Mittel 0,15 Cm. dick. Der obere, sowie die vordere Partie des unteren Randes sind gering ausgeschweift und stossen vorne in einer abgerundeten Ecke zusammen. An dem hinteren Rande ragt ein breiter Fortsatz hervor. Die linke Fläche ist in geringem Maasse concav, die rechte demgemäss convex.

Der linke Knochen (*k*) sieht einem menschlichen Schneidezahn nicht unähnlich; doch sind Ecken und Ränder stark abgerundet. Das vordere Ende entspricht der Zahnkrone, das hintere der Zahnwurzel. Er ist 1,2 Cm. lang, in der Mitte 0,35 Cm. breit und 0,25 Cm. dick.

V. 1 Jahr und 6 Monate altes Rind (Taf. II. III Fig. 8).

Der rechte Herzknochen hat eine Länge von durchschnittlich 3,3 Cm., eine Breite von 0,7 Cm. und Dicke von 0,075 Cm. erreicht. Der hintere Rand ist scharf, der obere verdickt. Die linke Fläche ist schwach concav, die rechte entsprechend convex. Das vordere und auch das hintere Ende sind mehr in die Länge gewachsen.

Der linke Knochen ist durchschnittlich 1 Cm. lang, 0,3 Cm. hoch und 0,05 Cm. dick und zwar oben und vorn dicker, als unten und hinten. Die linke und rechte Fläche sind gleichmässig geebnet. Der obere und vordere Rand sind schwach concav; der untere Rand ist schwach convex. Seine drei Ecken sind abgestumpft.

VI. 2jähriger Ochse (Taf. II. III Fig. 9).

Der rechte Knochen ist 3,5 Cm. lang, an der vorderen 0,5 Cm., an der hinteren Partie 1,3 Cm. hoch und durchschnittlich 0,2 Cm. dick. Die Ausbuchtung des unteren und die Dicke des oberen Randes nehmen zu; die vordere Knochenpartie beginnt eine Drehung um ihre Längsaxe von links nach rechts. Im Grossen und Ganzen zeigt sich der Knochen indess noch von links nach rechts zusammengedrückt.

Der linke Knochen ist 1,4 Cm. lang und 0,3 Cm. hoch resp. dick. Die vordere Partie ist von rechts nach links stark verdickt. Flächen, Ränder und Ecken treten weniger hervor. Die hintere Partie ist noch mehr von oben nach unten zusammengedrückt.

VII. 2 Jahre und 9 Monate alter Ochse (Taf. II. III Fig. 10).

Die Drehung der vorderen Partie des rechten Knochens ist fast vollendet und dadurch eine Scheidung desselben in eine vordere, von oben nach unten, und in eine hintere, von links nach rechts zusammengedrückte Hälfte herbeigeführt. Auch ist der

obere Rand hinten derartig verdickt und zugleich abgeflacht, dass nunmehr von einer oberen Fläche der hinteren Knochenhälfte gesprochen werden kann. Die Länge des ganzen Knochens beträgt 4 Cm., die Breite seiner vorderen Hälfte 0,6 Cm., die Dicke 0,2 Cm.; die Höhe der hinteren Hälfte 1,6 Cm., die Dicke 0,3 Cm.

Der linke Knochen zeigt sich von oben nach unten derart zusammengedrückt, dass die linke ebene und rechte concave Fläche nur schwach, die obere und untere Fläche stark entwickelt sind. Das vordere Ende ist nach rechts spitz und bedeutend ausgewachsen. Der Knochen ist an der rechten 1,3 Cm., an der linken Fläche 1 Cm. lang, durchschnittlich 0,3 Cm. breit und nur 1,15 Cm. dick.

VIII. 3 Jahre und 3 Monate alter Ochse (Taf. II. III Fig. 11).

Der grosse Knochen ist im Ganzen mehr gebogen; die vordere Knochenhälfte sieht mehr nach links als bei vorstehendem Thier. An derselben kann man nunmehr eine obere und eine untere Fläche unterscheiden. In dem zwischen dem linken Rande der vorderen und dem unteren Rande der hinteren Knochenhälfte gelegenen Ausschnitt macht sich eine schwache Erhebung bemerkbar. Die untere Partie der hinteren Hälfte hat nach unten und hinten zugenommen. Die Länge des Knochens beträgt 4,3 Cm., die Breite der vorderen Hälfte 0,7 Cm., die Dicke 0,25 Cm.; die Höhe der hinteren Knochenhälfte 1,7 Cm., die Dicke durchschnittlich 0,3 Cm.

Der kleine Knochen hat an Dicke von oben nach unten zugenommen, im Uebrigen, was Flächen, Ränder und Ecken anbetrifft, keine besonderen Aenderungen erfahren. Er ist 1,6 Cm. lang, in der Mitte 0,6 Cm. breit und 0,25 Cm. dick.

IX. 4jähriger Ochse (Taf. II. III Fig. 12).

Der grosse Knochen ist mehr in die Länge gewachsen, schlanker geworden. Besonders haben das vordere Knochenende und der untere Theil der hinteren Knochenhälfte in dieser Beziehung sich ausgedehnt. Auch nimmt der hintere obere Winkel desselben zu. In der Fortsetzung desselben, ungefähr 1,5 Cm. von ihr entfernt, ist in der Knorpelmasse ein ovales, 0,3 Cm. langes und 0,2 Cm. hohes, dünnes Knochenstückchen eingebettet. Der zwischen der oberen der vorderen und der oberen Fläche der hinteren Knochenhälfte einerseits, der linken der hinteren Knochenhälfte andererseits befindliche Rand ist vorn abgeflacht. Die untere der vorderen und vordere rechte Fläche der hinteren

Knochenhälfte sind rinnenartig ausgehöhlt. Der ganze Knochen ist 4,7 Cm. lang, die vordere Hälfte 0,8 Cm. breit und 0,2 Cm. dick, die hintere Hälfte 0,1 Cm. hoch und 0,4 Cm. dick.

Der kleine Knochen ist ebenfalls schlanker geworden, zeigt in Form von dem vorstehenden linken keine besonderen Abweichung. Doch ist auch hier in der Knorpelsubstanz, der rechten vorderen Ecke gegenüber und von ihr 0,6 Cm. entfernt, ein 0,2 Cm. langes, 0,1 Cm. breites und dickes Knochenstückchen eingelagert, dessen Längsaxe auf die rechte vordere Ecke des Hauptknochens gerichtet ist.

X. 5jähriger Ochse (Taf. II. III Fig. 13).

Rechts ist das beim vorstehenden Thiere in der Knorpelsubstanz gelegene Knochenstückchen verschwunden. Die demselben gegenüberliegende Ecke tritt fortsatzartig hervor; eine Einschnürung an derselben deutet auf Anlagerung von Knochenmasse hin. Der hintere Knochenrand ist ausgeschnitten. Die untere Partie der hinteren Knochenhälfte hat nach hinten zugenommen. Der Knochen ist 4,6 Cm. lang, die vordere Hälfte 0,8 Cm. breit und 0,1 Cm. dick; die hintere Hälfte 1,3 Cm. hoch und im Mittel 0,05 Cm. dick.

Der linke Knochen ist dicker geworden. Das der rechten vorderen Ecke gegenüberliegende Knochenstückchen ist vergrössert, 0,6 Cm. lang und durchschnittlich 0,25 Cm. dick. Seine dicke resp. breitere Partie liegt der in Rede stehenden Ecke zu und nur 0,15 Cm. von ihr entfernt. Die Länge des ganzen Knochens beträgt 1,6 Cm., die Breite in der Mitte 0,5 Cm. und die Dicke 0,3 Cm.

XI. 6jährige Kuh (Taf. II. III Fig. 14).

Beide Knochen sind der Zunahme des Alters gemäss, was Form, indess nicht, was Grösse anbetrifft, entwickelt und mag Letzteres auf die Verschiedenheit des Geschlechtes und dem entsprechend auf die im Allgemeinen schwächere Entwicklung der weiblichen Thiere zurückzuführen sein.

Die vordere Hälfte des rechten Knochens ist weniger verändert; dagegen haben die beiden Abschnitte der hinteren Hälfte, besonders der obere, zugenommen; der rechte obere Rand tritt schärfer hervor; der Ausschnitt am hinteren Knochenrande bildet sich aus. Eine Einschnürung an dem Ende des hinteren oberen Abschnittes deutet auch hier noch auf eine Verwachsung einer kleineren Knochenmasse mit dem Hauptknochen hin. Das hintere Ende des im Allgemeinen viereckigen, unteren Abschnittes läuft

in eine stumpfe Spitze aus. Der Knochen ist 4,8 Cm. lang, die vordere 0,8 Cm. breit, 0,2 Cm. dick, die hintere Hälfte 2,0 Cm. hoch und 0,3 Cm. dick.

Die obere Fläche des linken Knochens ist schwach gewölbt; der vordere und der rechte Rand sind etwas ausgeschweift. Die rechts in der Knorpelsubstanz gelegene Knochenmasse ist mit der vorderen Ecke des linken Knochens verwachsen; eine schwache Einschnürung kennzeichnet die Verwachsungsstelle. Die Länge des Knochens beträgt 2,5 Cm., die mittlere Breite 0,6 Cm. und die durchschnittliche Dicke 0,25 Cm.

XII. 7jähriger Ochse (Taf. II. III Fig. 15).

Der rechte Knochen ist in seiner vorderen Hälfte nach links gebogen. Der zwischen ihrer linken und dem unteren Rand der hinteren Hälfte gelegene Ausschnitt treten stärker hervor. Der rechte Rand ist an der vorderen Hälfte stark convex, an der hinteren leicht ausgebuchtet. Die obere und linke Fläche der hinteren gehen ohne Grenzen in die obere der vorderen Hälfte über. In der Verlängerung der hinteren oberen Ecke liegt, in Knorpelsubstanz eingelagert, ein 1,1 Cm. langer, 0,25 Cm. breiter und 0,15 Cm. dicker Knochen. Seine Längsaxe ist auf die qu. Ecke hingerichtet, von der das untere Knochenende nur noch 0,2 Cm. entfernt liegt. Der Knochen ist 5,0 Cm. lang. Die vordere Hälfte 0,9 Cm. breit und 0,25 Cm. dick, die hintere Hälfte 2,0 Cm. hoch und 4,0 Cm. dick.

Der linke Knochen zeigt eine besondere Abweichung von der normalen Entwicklung. Seine vordere Partie ist als der eigentliche linke Knochen aufzufassen und stimmt in Form und Grösse mit dem des vorstehenden Thieres überein. Die hintere Partie ist von der vorderen deutlich abgeschnürt, zerfällt in einen links gelegenen, mit seiner Längsaxe in diejenige der vorderen Knochenhälfte fallenden, 2,0 Cm. langen, 0,7 Cm. breiten und nur 0,1 Cm. dicken und in einen rechten, 1,8 Cm. langen, 0,3 Cm. breiten und 0,2 Cm. dicken Theil, der sich von dem hinteren Ende des linken Theiles bogenförmig nach rechts und vorn erstreckt. Ungefähr in der Mitte befindet sich eine starke Einschnürung. Diese, sowie die zwischen der vorderen und hinteren Knochenhälfte gelegene deuten auf eine spätere Verwachsung der entsprechenden, ursprünglich getrennten Theile hin.

XIII. 8½jähriger Ochse (Taf. II. III Fig. 16).

Am rechten Knochen zeigt sich vorwiegend verändert die hintere Knochenhälfte, deren obere Partie stark abgesetzt ist und

den Knochen nach hinten und oben weit überragt. Die viereckige Form der unteren Partie wird deutlicher. Die beim entsprechenden Knochen des vorstehenden Thieres beschriebenen Ausschnitte treten schärfer hervor und setzt sich so die vordere von der hinteren Knochenhälfte deutlicher ab. Knochenlänge beträgt 5,6 Cm., Breite des vorderen Theiles 1,3 Cm., Dicke 0,2 Cm.; Höhe des hinteren Theiles 3,0 Cm., Dicke 0,3 Cm.

Der linke Knochen weicht insofern von dem betreffenden im vorhergehenden Fall ab, als die vordere rechte Partie noch mehr sich verlängert hat. Dem hinteren Ende gegenüber findet sich als Analogon des im vorhergehenden Fall genannten, abnorm ausgedehnten Knochenabschnittes eine 0,9 Cm. lange, 0,2 Cm. breite und 0,1 Cm. dicke Knochenmasse, deren unteres Ende von dem genannten hinteren Ende 0,1 Cm. entfernt und durch Knorpelmasse von ihm geschieden ist. Die Länge des eigentlichen Knochens ist 2,0 Cm., die mittlere Breite 0,5 Cm., mittlere Dicke 0,4 Cm.

XIV. Als Knochen eines 10jährigen Ochsen (Taf. II. III Fig. 1 *A* und 1 *B*) schliessen sich hier die bereits auf S. 5 und 6 detaillirt beschriebenen Präparate an.

Fassen wir die gewonnenen Resultate zusammen, so kommen wir zu der Ueberzeugung, dass sich im Allgemeinen eine mit einer gewissen Regelmässigkeit erfolgende Ausbildung der Herzknochen nicht verkennen lässt. Die den einzelnen Organen zur Insertion dienenden und, wie wir später sehen werden, für die physiologische Bedeutung wichtigeren Theile der Knochen treten mit der Zeit schärfer hervor, während die physiologisch unwesentlicheren Partien in ihrer Entwicklung zurückbleiben.

Zuerst wurde mit einem Alter von 4 bis 5 Wochen rechterseits Knochenmasse sichtbar. Dieselbe nahm an Grösse rasch zu und liess mit einem Alter von 1 Jahr eine vordere, mehr dreieckige und hintere, mehr viereckige Partie erkennen. Beide Partien fielen in dieselbe Ebene. Der ganze Knochen war glatt und von links nach rechts zusammengedrückt. Mit dem 2. Lebensjahre begann eine Drehung der vorderen Partie um ihre Längsaxe von links nach rechts. Diese Drehung vollendete sich während eines Zeitraumes von 3/4 Jahren. Die Ränder und Flächen trennten sich entsprechend, die Ausschnitte traten schärfer hervor, so dass nunmehr von einer vorderen, von oben nach unten und einer hinteren, von links nach rechts zusammengedrückten Knochenhälfte gesprochen werden konnte. Die untere Partie der

hinteren Hälfte wuchs an; auch war durch allmähliche Verdickung des oberen Randes der hinteren Hälfte eine obere Fläche entstanden. Getrennt von dem eigentlichen Knochen bildete sich in der Knorpelsubstanz, gegenüber der hinteren oberen Ecke, zu wiederholten Malen Knochenmasse, die durch Verwachsen mit dem ursprünglichen Knochen die obere hintere Partie zehenartig erscheinen liess. Die untere hintere Partie nahm zu und gestaltete sich absatzartig. Der zwischen ihr und der vorhergehenden Partie befindliche Ausschnitt vollendete deren deutliche Trennung am hinteren Rand. Die Form des Knochens wurde durch vollkommene Ausbildung der einzelnen Hälften, deren Ränder, Flächen und Ecken zu der auf S. 6 und 7 beschriebenen complicirten Form gebracht.

Der linke Knochen zeigt eine weniger regelmässige, hie und da fast regressive Entwicklung. Seine erste sichtbare Andeutung entstand mit einem Alter von circa 10 Wochen. Auch er wuchs bis zum 1. Lebensjahre erheblich. Die vordere Knochenhälfte wurde dann stark verdickt; die Knochenenden und -Ränder wurden abgerundet. Der Knochen zeigte sich darauf von links nach rechts mehr zusammengedrückt; auch stellte sich eine Zunahme des vorderen rechten und hinteren Endes durch periodisches Anwachsen von selbständig in der betreffenden Knorpelmasse entstandener Knochenmasse ein. Die Flächen, Ränder und Ecken des Knochens treten schärfer hervor und lassen denselben schliesslich in der S. 8 beschriebenen Form erkennen.

Die im Obigen gegebenen Beschreibungen der verschiedenen Entwicklungsstufen werden selbstverständlich nicht in jedem Fall Präparate des entsprechenden Alters decken. Es sind durch diese Beschreibungen nur gewissermaassen Normen geschaffen, von denen, wie wir es ja bereits selbst erfahren (vergl. Fall XII und Taf. II. III Fig. 15), Abweichungen vorkommen können. Dieselben mögen von der individuellen Constitution, vom Geschlecht und vielleicht auch von der Raçe des jeweiligen Thieres abhängig sein.

Histologische Entwicklung. Die Frage der Verknöcherung, die im Alterthum mehr durch die Vorstellung Beantwortung fand, ist in der Neuzeit lebhaft discutirt und durch experimentelle Forschungen zwar wesentlich gefördert, immerhin aber noch nicht einheitlich erledigt worden. Es stehen sich in dieser Beziehung zwei Anschauungen gegenüber. Nach der älteren, der sogenannten

„Appositionstheorie", wächst der Knochen durch Apposition, also dadurch, dass sich auf der alten Knochenmasse fortwährend neue ablagert, während von der Markhöhle alte Knochenmasse resorbirt wird. Nach der neueren, der „Expansionstheorie", erzeugt das einmal gebildete Knochengewebe aus sich selbst heraus neues Gewebe, ohne jede weitere äussere Ablagerung. Nach einer dritten Auffassung trifft keine dieser beiden Anschauungen allein das Richtige, sondern es wächst der Knochen durch Expansion und Apposition; doch fällt der letzteren dabei der Hauptantheil zu.

Die Apposition von Knochenmasse geht nun entweder aus vom Periost und führt zur Dickenzunahme oder vom Epiphysenknorpel und bedingt das Längenwachsthum.

Mit der ersteren, der periostalen Knochenbildung, beschäftigten sich zuerst Grev und Havers, später Gegenbaur, Landois, Rollet, Virchow, Waldeyer und Andere. Es würde zu weit führen, die feineren, sich hierbei abspielenden Processe zu berühren. Es sei deshalb nur kurz und allgemein erwähnt, dass da, wo Knochen und innere, die Cambiumschicht, des Periostes an einander grenzen, sich eine Schicht von Osteoblasten (Gegenbaur) vorfindet. Es sind dies kernhaltige, verhältnissmässig grosse, gewöhnlich wurfelförmige Zellen, die im Stande sind, eine dem Ossein entsprechende Intercellularsubstanz abzusondern, welche sich dann durch Aufnahme von Kalksalzen zu Knochengewebe umformt. Die Osteoblasten nehmen dabei selbst eine, abgebildeten kleinen Spinnen nicht unähnliche sternförmige Gestalt an, zeigen Ausläufer und werden nunmehr als sogenannte „Knochenkörperchen" bezeichnet.

Bei der für unsere Abhandlung wichtigeren Knochenbildung aus Knorpelsubstanz, der intracartilaginösen oder endochondralen Ossification, sieht man als vorbereitende Processe sich die Knorpelzellen vermehren, so dass in einer Mutterzelle oft 20 bis 30 Tochterzellen vorhanden sind. Dieser Zellenmultiplication folgt eine Zellenvergrösserung und Trennung derselben durch Auftreten von Intercellularsubstanz. In der Knorpelsubstanz lagern sich Kalksalze ab. Diese Verkalkung ist indess nur provisorisch, da unter dem Einflusse der vom Perichondrium in die Knorpelsubstanz hineinragenden Gefässe der Kalk alsbald wieder verschwindet. Die die Zellen enthaltenen Knorpelhöhlen (Bruträume) werden zum Theil durch Verlust ihrer Wandungen vereinigt und zu Markräumen umgewandelt, in denen sich eine Sonderung der Zellen in centrale, den Blutgefässen anliegende,

theils spindel-, theils sternförmige, theils kleine runde Zellen (Markzellen) und in peripher den Knorpelbalken anliegende, hüllenlose, sternförmige, grosskernige, mit Ausläufern und einem weichen Protoplasma versehene Zellen (Osteoblasten) vollzieht. Letztere erzeugen nun in derselben Weise Knochengewebe wie die Osteoblasten des Periostes. Dieses so gebildete Knochengewebe ist nicht persistent, es wird vielmehr unter der Einwirkung einer Riesenzelle, der Osteoklaste (Kölliker), von den grossen Markräumen aus constant Knochensubstanz resorbirt, dadurch in der Knochenmitte eine Markhöhle gebildet, dem entsprechend aber durch subperiostale Apposition Ersatz für die resorbirte Substanz geschaffen.

Diese Anschauung über die immerhin complicirten Verknöcherungsprocesse wird von der Mehrzahl der Histologen mit unwesentlichen Modificationen getheilt (Baur, Bruch, Frey, Gegenbaur, Kutschin, Landois, H. Müller, Rollet, Scharpey, Waldeyer, E. Weber u. s. w.) und nur eine Minorität derselben (Aeby, Lieberkühn, Robin, Sappey) hält noch fest an der alten Theorie der directen Metamorphose der Knorpel- in Knochensubstanz.

Zur Aufklärung der histologischen Entwicklung der Herzknochen wurde Material vom rechts gelegenen Knorpel resp. Knochen verwendet.

I. 8 Tage altes Kalb.

Der resistente, elastische, biegsame Knorpel ist zur Anfertigung von mikroskopischen Schnitten, ohne vorherige Eiwirkung irgend welcher Reagentien, gut geeignet. Seine Durchschnittsfläche zeigt ein bläulich weisses Aussehen.

Feine Schnitte lassen unter dem Mikroskope in der Knorpelsubstanz eine bedeutende Menge von Knorpelzellen erkennen. Dieselben variiren in ihrer Gestalt sehr. Bald zeigen sie sich rund, bald oval, bald dreieckig, bald halbmondförmig. Sie sind einzeln gelagert; nie sieht man zwei oder mehrere in einer Höhle zusammen. Neben unveränderten Zellen findet man solche, deren Protoplasma in der Mitte eingezogen ist, und bei denen eine Theilung des Kernes sich vollzogen hat. Vielfach lassen die halbmondförmigen auch bereits eine Kerntheilung erkennen. An einigen Zellen ist die endogene Theilung noch weiter vorgeschritten, doch kann von einer völligen Theilung noch nicht gesprochen werden. Bei diesen Zellen sind die Kerne deutlicher zu erkennen. Auch erscheint bei ihnen das Protoplasma deutlich

granulirt, im Gegensatz zu den unveränderten Zellen, deren Protoplasma eine Körnung kaum erkennen lässt. Das Centrum der Knorpelgrundsubstanz ist homogen, durchsichtig und hellglänzend, besteht demnach aus hyalinem Knorpel, während die Peripherie in regelmässigen Zügen angeordnete Fasern aufweist, somit aus Faserknorpel besteht. An der Grenze des hyalinen und Faserknorpels nimmt die Zellenzahl allmählich nach der Peripherie hin ab, und finden sich in dem peripherischen Abschnitt des Knorpelschnittes nur wenige und weit auseinanderliegende Zellen vor.

Das die Knorpelgrundsubstanz umgebende Perichondrium ist noch gering ausgebildet. In seiner Structur lassen sich der Hauptsache nach eine innere, zellenreichere und äussere, fibrillenreichere Schicht erkennen, deren Grenzen indess nicht bestimmt nachzuweisen sind.

II. 3 bis 4 Wochen altes Kalb.

Die endogene Theilung der Zellen ist perfect geworden. Dieselben sind granulirt und zeigen einen deutlichen Kern. Selten finden sich Zellen allein, sondern liegen meist gruppenweise, gewöhnlich zwei oder drei zusammen. An einzelnen Schnitten ergiebt sich ein noch lebhafter Ablauf der Theilungsprocesse der Zellen, wodurch die die letzteren beherbergenden Knorpelhöhlen gedehnt werden. Neben der Zellenvermehrung macht sich hier und da auch eine Zunahme der knorpeligen Intercellularsubstanz bemerkbar. Es sondern sich Zellen und Knorpelsubstanz mehr von einander ab. An noch anderen Schnitten sieht man im hyalinen Knorpel sogenannte „Bruträume“ theils erst entstehen, theils bereits deutlich ausgebildet, ohne dass sich die Ränder der einzelnen berühren. Die Zellen finden sich (durchschnittlich 5 bis 10) in ihnen bald näher, bald weiter auseinanderliegend, bald sich mehr oder weniger deckend. In der Grenzschicht zwischen dem bindegewebigen und dem hyalinen Knorpel fallen die Längsaxen der Zellen mehr in die Längsaxen der Faserzüge des Perichondriums. Noch deutlicher ist dies im Faserknorpel selbst der Fall.

Das die knorpelige Grundlage einschliessende Perichondrium ist noch nicht gewuchert. In ihm liegen zwischen den Bindegewebsfibrillen bis jetzt nur die undeutlich zu erkennenden Bindegewebskörperchen.

III. 1jähriger Ochse.

Dieser, sowie der nächstfolgende Knochen wurden in Mül-

ler'sche Flüssigkeit gelegt, der noch etwas Salzsäure zugesetzt wurde, dadurch der Kalksalze beraubt und schnittfähig gemacht.

Beim Durchschnitt zeigt der Knochen mit einer weissgelblichen Masse sich angefüllt, die von einem schmalen Knochensaum umgrenzt wird. Unter dem Mikroskop erkennt man an den aus der Mitte entnommenen Schnitten mehr Knochen- als Knorpelgewebe. Nach den Enden zu weicht dies Verhältniss allmählich ab und wird schliesslich an den Enden selbst umgekehrt. Die Bruträume tangiren sich meist; in ihnen ist eine Vermehrung der Zellen eingetreten; dieselben liegen in denselben peripherisch. Dergleichen Zellennester zeigen sich auch in der Grenzschicht zwischen dem hyalinen und dem Faserknorpel, indess schon mehr zu theils senkrecht, theils schräg, theils parallel zu dem hyalinen Knorpel stehenden Säulen gruppirt. In dem dem Perichondrium benachbarten Gewebe liegen grosse, längliche Zellen in unbestimmter Zerstreuung. Das Verhalten des Perichondriums, des hyalinen und bindegewebigen Knorpels ist dem des vorstehenden Falles im Wesentlichen identisch.

An den, von den Enden der Mitte des Knochens zu, der Reihe nach untersuchten Querschnitten sieht man meist noch reinen Knorpel. Dann folgen Schnitte von beginnender bis zu vollendeter intracartilaginöser Ossification, andere lassen eine Zunahme der Markhöhle erkennen.

Die Ossification geht constant von der inneren Seite des Perichondriums aus. Das Knochengewebe lagert sich allmählich in den eröffneten Bruträumen des hyalinen Knorpels ab, deren Wände durch Kalkaufnahme in Knochengrundsubstanz umgewandelt werden. Die Bildung des Markraumes wird zuerst durch ein Nest kleiner Markzellen angedeutet; an den folgenden Schnitten ist eine Markhöhle schon mehr oder weniger ausgebildet. Neben den Markzellen liegen Fettzellen in einem geringgradigen Bindegewebsstroma. Es treten später secundäre Markräume auf, die sich ausdehnen und mit dem primären Markraume vereinigen. Von den Markräumen sieht man Havers'sche Kanäle ausgehen und mehr oder weniger grosse Kanälchen das Mark direct mit dem Perichondrium verbunden. Die Havers'schen Kanäle enthalten runde kleine Zellen, auch liegen in der primären Knochenhöhle der inneren Knochenwand solche an.

An diesen letzteren Präparaten ist das Perichondrium in verschiedener Richtung von fibrillären Bündeln durchsetzt, die einzeln oder mehrere zusammengelagert, senkrecht zur Knorpeloberfläche

sich erstrecken. Aus diesen gehen die Scharpey'schen Fasern hervor.

IV. 6jähriger Ochse.

Auf den durch die Nähe der Knochenmitte gelegten Querschnitten giebt sich eine nur schmale Knochenmasse zu erkennen. Dieselbe hebt sich durch ihre Härte von dem übrigen Gewebe ab. Der inneren Fläche liegen Fettzellen an; die äussere Fläche ist höckerig, mit Einschnitten und Erhebungen versehen. Der Markraum ist bedeutend. Der Knochensaum besteht aus circa 10 Grundlamellen, in denen sich Knochenkörperchen, mit ihrer Längsaxe in diejenige der Lamellen fallend, vorfinden. Scharpey'sche Fasern sind reichlich vorhanden. Direct am Periost finden sich neben Grundlamellen interstitielle Lamellen, die von Havers'schen Kanälen umgeben sind. Letztere zeigen sich auf Längsschnitten in der Längsaxe des Knochens liegend und untereinander anastomosirend.

Das Periost besteht aus einer inneren, zellenreichen und einer äusseren, vorwiegend aus Bindegewebsfasern zusammengesetzten Schicht. Im Allgemeinen ist das Periost dünner geworden; welches Verhalten für eine periostale Ossification spricht.

Querschnitte, direct durch die Mitte gelegt, zeigen, dass die Grundlamellen abgenommen und von den interstitiellen Lamellen an einzelnen Stellen an Zahl — es finden sich circa 40 in dem ganzen Querschnitt — überboten werden. In den Ecken des Querschnittspräparates kann man an den interstitiellen Lamellen zwei Schichten unterscheiden. Die diesen zweireihigen interstitiellen Lamellen entsprechenden, inneren, zellenreichen Schichten des Periostes haben an Stärke zugenommen; seine äussere, mehr bindegewebige Schicht geht ohne bestimmte Grenze in das Bindegewebe der Umgebung über. An einem der Schnitte ist das Bild da, wo Knochenmasse und Periost zusammenstossen, zickzackartig, es greifen Fortsätze des Periostes in entsprechende Vertiefungen des Knochens ein und umgekehrt. Es war in diesem Fall die intracartilaginöse Ossification bereits abgelaufen und sollten die Periostfortsätze zur Bildung von Knochengewebe mit interstitiellen Lamellen dienen. An diesen und anderen Präparaten konnte man constatiren, dass die Bildung der interstitiellen Lamellensysteme erst nach vollendeter intracartilaginöser Ossification sich einstellt. An den Knochenenden ist noch etwas Knorpelgewebe mit Bruträumen etc. vorhanden.

Ueberschauen wir nochmals den sich aus vorstehenden Fällen

ergebenden Gang der histologischen Entwicklung der Herzknochen, so sind wir berechtigt, hierbei eine intracartilaginöse und eine periostale Ossification zu unterscheiden. Allerdings verschwindet durch spätere Resorption das Feld der intracartilaginösen Ossification wieder und an seiner Stelle finden wir dann den Markraum. Das Periost ist die Matrix der Lamellensysteme.

Zur physiologischen Bedeutung der Herzknochen schicke ich zunächst in aller Kürze den hierbei in Betracht kommenden Vorgang der Herz- resp. Blutbewegung voraus.

Ist das Blut vom Körper durch die Venen — Vena cava posterior und Vena cava anterior — zu dem Atrium dextrum und — Venae pulmonales — zu dem Atrium sinistrum zurückgekehrt, so wird es von hier durch die von den Einmündungsstellen der Venen erfolgende Contraction der Atrien in die Ventrikel gepresst. Alsdann beginnt die Contraction der Ventrikel, infolge welcher das Blut durch die Aorta nach dem Körper, durch die Arteria pulmonalis nach den Lungen getrieben wird. Diesem activen Vorgang der Zusammenziehung, der Systole, folgt sowohl bei den Atrien, als auch bei den Ventrikeln der passive Vorgang der Erschlaffung, der Diastole. Systole und Diastole der Atrien, sowie der Ventrikel erfolgen synchronisch, Systole und Diastole der Atrien einerseits und die der Ventrikel andererseits erfolgen alternirend.

Nach der Füllung, noch stärker aber bei der Contraction der Ventrikel legen sich die an den Ostia venosa befindlichen Bi- resp. Tricuspidalklappen gleich Segelventilen mit ihren freien Rändern aneinander und verhindern ein Regurgitiren des Blutes nach den Atrien. Es muss dasselbe durch die Ostia arteriosa nach der Aorta, resp. Arteria pulmonalis ausweichen, von wo es nicht zurückstauen kann, da mit dem Eintritt der Ventrikeldiastole die Valvulae semilunares gestellt werden und gleich Taschenventilen sich mit ihren freien Rändern aneinanderlegen.

Das Volumen des mit jeder Systole in die Arterien getriebenen Blutquantums ist grösser als das Volumen des Anfangstheiles derselben, dabei das Blut selbst incompressibel. Die Arterie giebt deshalb nach, buchtet sich aus, drückt ihrerseits auf das Blut, welches, nach den Orten niederen Drucks ausweichend und eine „Bergwelle“ erzeugend, centrifugal in der Richtung nach den Capillaren fortbewegt wird.

Prüfen wir nun nach Voraussendung dieser allgemeinen Aus-

führungen die zur Eruirung der physiologischen Bedeutung der Herzknochen in Betracht kommenden Verhältnisse bei den Wiederkäuern und vergegenwärtigen uns dabei den S. 5 bis 7 gegebenen Befund und Taf. I, so leuchtet es zunächst ein, dass die Zugkraft, die von unten her auf den grossen Herzknochen wirkt, eine nicht unbedeutende ist. Es inserirt sich auf der linken Fläche und dem unteren Rand der hinteren, sowie an dem linken Rand der vorderen Knochenhälfte das Septum ventriculorum, welches bei dem Momente der Ventrikelsystole an seiner Insertionsstelle auf den Knochen einwirkt. Es ist nach dem Ventriculus sinister hin etwas concav und trägt somit bei seiner Contraction vorwiegend zur Verengerung dieses Ventrikels bei, ein Umstand, der einerseits zur Ueberwindung der dem grossen Kreislauf entgegentretenden, mit Rücksicht auf den kleinen Kreislauf des Blutes, unvergleichlich grösseren Hindernisse erklärlich erscheint, andererseits aber an der Stelle, wo der grosse Herzknochen gelegen und wo, wie wir weiter noch erörtern werden, nach den verschiedensten Richtungen hin Muskel- und andere Kräfte einwirken, eine feste, unnachgiebige Basis zur constanten regulären Function des Herzens nothwendig machen.

Auf der rechten Seite der hinteren Fläche inseriren sich Muskelbündel vom Atrium dextrum, auf der unteren der vorderen Knochenhälfte solche vom Atrium dextrum, resp. Septum atriorum. Die Contraction der Atrien erfolgt nun von den Einmündungsstellen der Venen und schreitet allmählich in der Richtung nach den Ostia venosa fort, während die Contraction der Ventrikel plötzlich und in seinen Theilen gleichmässig vor sich geht. Dabei dauert die Contraction der Atrien noch fort, wenn die Contraction der Ventrikel beginnt. Es werden also gleichzeitig von unten und links Muskelkräfte vom Septum ventriculorum und von oben und rechts solche vom linken und rechten Atrium auf den grossen Knochen einwirken. Würde derselbe nicht zugegen sein, um diesen nach diametral entgegengesetzter Richtung sich geltend machenden Kräften einen festen Angriffspunkt zu bieten, sondern an seiner Statt eine weniger consistente Masse vorhanden sein oder würden etwa gar die Muskelfasern des linken Ventrikels und rechten Atriums sich direct berühren, so müsste dies Zustände nach sich ziehen, deren bedenkliche Consequenzen wir später noch tangiren werden.

Die hinteren Drittel der Valvula semilunaris anterior und, mit Ausnahme eines geringen Theiles des hinteren Endes, die

Valvula semilunaris dextra entspringen von der oberen Fläche der vorderen, resp. vom oberen linken Rande der hinteren Knochenhälfte. Diese Klappen treten erst in Function, wenn mit Beginn der Ventrikeldiastole das Blut nach dem letzteren regurgitiren will. Sie legen sich alsdann mit ihren freien Rändern aneinander. Gleichzeitig hört mit dem Eintritt der Ventrikeldiastole auch der auf die Ventrikelfläche der Valvulae semilunares ausgeübte Druck auf, während er andererseits im Anfangstheile der Aorta bedeutend steigt. Zu dem durch die Contraction des Ventrikels gegebenen Blutdruck kommt noch der Druck, den die ausgespannte Aorta ausübt. Dieser erhebliche, durch das zurückgeworfene Blut auch den Valvulae semilunares mitgetheilte Druck hat zur Folge, dass die Valvulae semilunares stark angespannt werden und auf ihre Insertionsstellen gewissermaassen ziehend einwirken. Es ist deshalb an diesen Stellen, zumal da, wo noch andere Kräfte in entgegengesetzter Richtung auf fragliche Stellen einwirken, Knochensubstanz am Platz.

Der hintere Rand des nach oben gerichteten, dreieckigen Fortsatzes der hinteren Knochenpartie dient einem Theil der Valvula mitralis zur Anheftung. Diese Klappe verschliesst bei der Ventrikelsystole das Ostium venosum sinistrum. Sie wird durch die Chordae tendineae angespannt. Auf ihr lastet ein erheblicher Druck; sie zieht infolge dessen an dem besagten Knochenrande und zwar zu derselben Zeit, während welcher das Septum auf den Knochen wirkt.

An die linke Fläche des kleinen Herzknochens treten Muskelbündel des Atrium sinistrum, so dass auch hier, wie es rechts der Fall war, während der Contraction des Herzens zwei Kräfte, die durch die Contraction des Atrium einerseits und die durch die Contraction des Ventrikels andererseits verursachte, in entgegengesetzter Richtung sich auf den Knochen geltend machen. Auf der oberen Fläche heftet sich ein Theil der Valvula semilunaris sinistra an, die sich zu dem kleinen Herzknochen verhält wie die Valvula semilunaris dextra, resp. anterior zu dem grossen. An den unteren Rand der hinteren Knochenpartie tritt ein Theil der Valvula mitralis, welcher in ebenderselben Weise, wie sie bereits bei Besprechung des an den grossen Herzknochen sich anheftenden Theiles der Valvula mitralis erörtert wurde, seine Wirkung äussert.

Zum Schluss — and last not least — ziehen wir die Herzknochen als Insertionsorgane für die Aorta in Betracht, deren

entsprechende Partien von dem oberen rechten der hinteren und rechten Rand der vorderen Hälfte des rechten, sowie von der oberen Fläche des linken Knochens entspringen.

Es ist bereits erwähnt, in welcher Weise das Blut von dem linken Ventrikel in die Aorta getrieben, und wie es von hier weiter bewegt wird. Doch ist noch zu ergänzen, dass die Ventrikelcontraction rythmisch vor sich geht, dass also in bestimmten Intervallen Blutquanta in die Aorta gepresst und so systolische Erhebungen und diastolische Abfälle resultiren. Da der totale Abfluss des einen Blutquantums aus dem Anfangstheil der Aorta noch nicht erfolgt ist, während bereits das nächstfolgende Quantum unter einem bedeutenden Druck hineingetrieben wird, andererseits das Volumen des Blutquantums grösser ist, als es das entsprechende Aortenlumen zu fassen vermag, so ist der Blutdruck am grössten im Anfangstheil der Aorta — im Mittel bei Warmblütern = 200 Mm. Hg. — Letztere besteht der Hauptmasse nach aus elastischem Gewebe und wird sich deshalb vermöge ihrer Dehnbarkeit beulenförmig erweitern. Folge dieser Spannung der Gefässwand ist ein gesteigerter Druck auf das von ihr eingeschlossene Blut, welches nach den Orten niederen Drucks ausweichen muss.

Betrachten wir nun die in Tafel I gegebenen anatomischen Verhältnisse des Aortenanfangs — doch sehen wir einstweilen noch von den Oeffnungen der Kranzarterien ab —, so erhellt daraus, dass der grösste Theil des durch den linken Ventrikel in die Aorta getriebenen Blutes durch die in der directen Fortsetzung des Aortenanfangs gelegene Aorta descendens abfliessen und der restirende kleinere Theil die Aorta adscendens passiren muss.

Nach physikalischen Gesetzen steht es nun fest, dass, wenn man an einem mit einer Flüssigkeit gefüllten Gefässe letztere durch eine Oeffnung abfliessen lässt, der Druck an dieser Stelle aufgehoben wird, während an dem dieser Oeffnung diametral entgegengesetzten Wandstück der Druck unverändert fortbesteht. Der Seitendruck auf die mit einer Oeffnung versehene Gefässwand ist also geringer, als der auf der gegenüberliegenden Wand bestehende. Es beruht ja auf diesem Princip die Einrichtung des Segner'schen Wasserrades.

Bei der Aorta werden, da der Blutdruck ein sehr bedeutender ist, die Consequenzen dieses hydrostatischen Gesetzes sich noch intensiver äussern. An der vorderen Aortenwand wird der

Druck nur sehr unbedeutend und momentan zur Geltung kommen, da alsbald über dem Aortenursprung mit seichter Ausbuchtung das Ostium aortae adscendentis beginnt, in welche ein Theil des Blutes gepresst und so an dieser Stelle der Seitendruck aufgehoben wird. Dagegen muss an der gegenüberliegenden Stelle der Druck länger fortbestehen, stärker einwirken und dazu noch dadurch gesteigert werden, dass vom Ostium aortae adscendentis aus eine rückwirkende Kraft sich auf die gegenüberliegende Wandfläche geltend macht, ähnlich, wie wir es beim Rückstosse der Geschütze sehen. Es wird sich diese Kraft in einer Dehnung der betreffenden Wand äussern.

Was die Arteriae coronariae cordis anbetrifft, von denen die rechte in der Tiefe der nach vorn, die linke in der Tiefe der links gelegenen Valsalva'schen Tasche abgeht, so ist es noch nicht definitiv entschieden, ob das zur Ernährung des Herzens dienende Blut in dieselben während der Systole (Hyrtl) oder der Diastole (Brücke) des Herzens eindringt und ob im Sinne des letzteren Autors von einer „Selbststeuerung des Herzens" gesprochen werden kann. Es erscheint indess die letztere Ansicht den thatsächlichen Verhältnissen mehr entsprechend, wenn man berücksichtigt, dass bei der Systole die sich contrahirenden Muskelbündel die Herzgefässe comprimiren und eine Füllung derselben wohl kaum zulassen. Zur Beurtheilung unserer Frage ist indess die Entscheidung für die eine oder andere Ansicht nicht unbedingt erforderlich. Sei es während der Systole oder, was wahrscheinlicher, während der Diastole, jedenfalls wird mit dem Eindringen des Blutes in die Oeffnungen der Kranzarterien, aus bereits oben tangirten Gründen, an diesen Stellen und an den benachbarten Wandgebieten der Blutdruck aufgehoben, resp. wesentlich gemildert, während derselbe an der entgegengesetzten Wand der Aorta nicht nur in ursprünglichem Maasse fortbesteht, sondern momentan noch gesteigert wird.

Sehen wir nun nach, welcher Theil der Aorta es ist, der auf diese Weise energischer und länger andauernd gedrückt wird, also den Ostien der Aorta adscendens und Arteriae coronariae gegenüberliegt, so finden wir, dass es im Grossen und Ganzen dasjenige Aortengebiet ist, welches mit seiner Anheftung dem grossen Herzknochen angehört. Wird nun die Aorta intermittirend mit Blut beschickt, so an der besagten Stelle einem starken Druck ausgesetzt und dadurch gedehnt, so findet sie an dem ganzen oberen Rand des rechten Herzknochens den nothwendigen festen Halt.

Auch linkerseits fällt die Lage des kleinen Herzknochens im Wesentlichen in das Bereich derjenigen Aortenpartie, an welcher mit Rücksicht auf den Abgang der Aorta adscendens und der Arteria coronaria der Blutdruck weder aufgehoben noch vermindert wird. Doch kommt hier die rückwirkende Kraft der betreffenden Gefässe nicht besonders in Betracht.

Resumiren wir kurz, so inserirten sich an den beiden Herzknochen das Septum ventriculorum, Muskelbündel von den beiden Atrien, der am intensivsten gespannte Theil der Aorta, der Valvula semilunaris sinistra und der Valvula mitralis. Wir finden keine andere Stelle des Herzens, wo so viele und mehr oder weniger energische Kräfte nach den verschiedensten Richtungen sich entgegenwirken, wie es da der Fall ist, wo die Herzknochen gelegen sind. Eine weniger consistente Masse (Knorpel) würde diesen Kräften nicht den erforderlichen Rückhalt bieten. Noch ungünstiger würden die Verhältnisse sich gestalten, wenn etwa die einzelnen nachgiebigeren Organe sich direct berührten. Es müsste dies bald die bedenklichsten pathologischen Veränderungen (Insufficienz der Klappen etc.) im Gefolge haben. Somit ist es nicht zu unterschätzen, dass dem Herzen diese osteologischen Gebilde zu seiner regulären Function gegeben sind.

Es würde zu weit führen, ist auch nicht Sache dieser Arbeit, festzustellen, in wie weit bei anderen Thieren (Mensch, Pferd, Schwein, Fleischfressern) das Bedürfniss nach derartigen Knochengebilden nicht vorhanden ist. Doch scheint der Grund hierfür in diesbezüglichen Abweichungen der physiologischen Functionen und anatomischen Einrichtungen bei den verschiedenen Thieren zu liegen.

ERKLÄRUNG DER TAFELN.

Tafel I giebt circa $^9/_{10}$ der Naturgrösse, Tafel II und III geben die ganze Naturgrösse der Präparate wieder.

Tafel I.

Aufgeschnittener Anfangstheil der Aorta (die freien Ränder sind zurückgehalten).

a Ostium arteriae coronariae cordis sinistrae.
b = = = = dextrae.
c = aortae adscendentis.
v Sinus Valsalvae sinister.
v_I = = anterior.
v_{II} = = dexter.

m Linker Theil des vorderen Abschnittes der Valv. mitr.
m_I Rechter = = = = = = = } (Die Klappen sind zurückgezogen.)
s Valvula semilunaris aortae sinistrae.
s_I = = = anterioris.
s_{II} = = = dextrae.
g Lage des grossen Herzknochens.
k = = kleinen =
x Musculatur des Septum ventriculorum.
z = = Atrium sinistrum.

Tafel II und III.

Fig. $1Ag$ Grosser } Herzknochen eines 10jährigen Ochsen, von der aufgeschnittenen Aorta aus gesehen. Der grosse Knochen zeigt demnach die linke, der kleine die rechte Fläche.
= $1Ak$ Kleiner }

= $1Bg$ } Dieselben Knochen von der entgegengesetzten Seite gesehen, so dass man jetzt von dem grossen die rechte, von dem kleinen die linke Fläche sieht.
= $1Bk$ }

Bei den folgenden Figuren ist vom grossen (g) stets die linke, vom kleinen Herzknochen (k) stets die rechte Fläche gezeichnet.

Fig. $2a$ Herzknochen von einem 2jährigen Schaf.
= $2b$ = = = 4 = =
= $3a$ = = einer 5- bis 8jährigen Hirschkuh.
= $3b$ = = einem 10- bis 15jährigen Hirsche.
= $3c$ = = = 3- bis 6 = Rehbock.
= 4 = = = 4 bis 5 Wochen alten männl. Kalb.
= 5 = = = 6 bis 7 = = = =
= 6 = = = 10 Wochen alten männlichem Kalb.
= 7 = = = 1jährigen Ochsen.
= 8 = = = $1^1/_2$ = Rind.
= 9 = = = 2jährigen Ochsen.
= 10 = = = 2 Jahr und 9 Monate alten Ochsen.
= 11 = = = 3 = = 3 = = =
= 12 = = = 4jährigen Ochsen.
= 13 = = = 5 = =
= 14 = = einer 6 = Kuh.
= 15 = = einem 7 = Ochsen.
= 16 = = = $8^1/_2$ = =

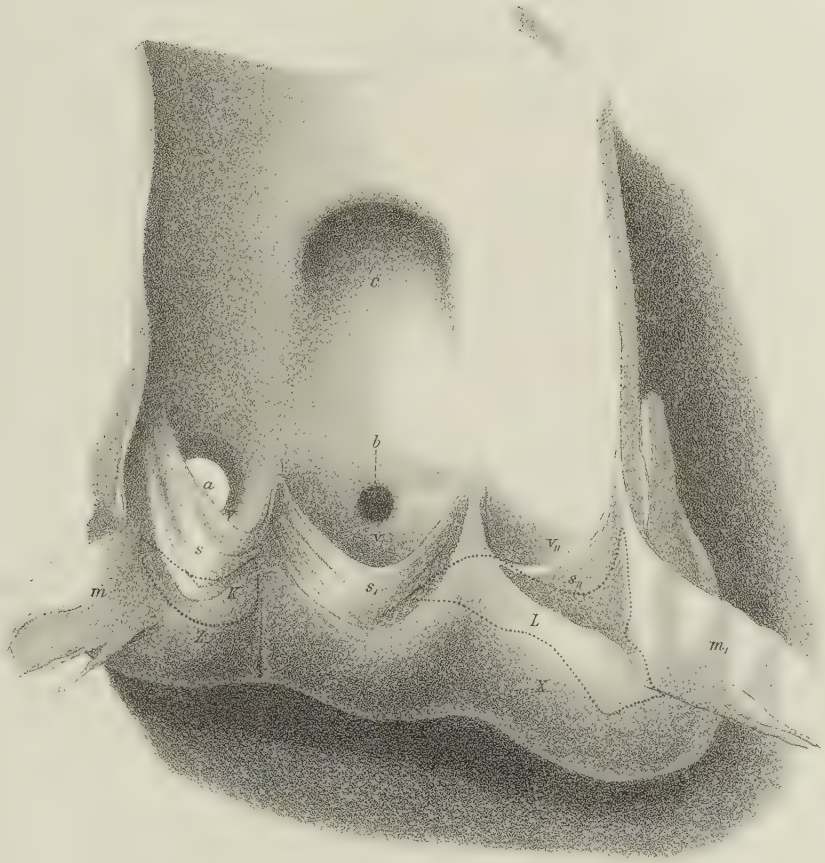

c
b
a
s
m
K
Z
V_I
V_{II}
s_I
s_{II}
L
X
m_I

Fig. 1 A.

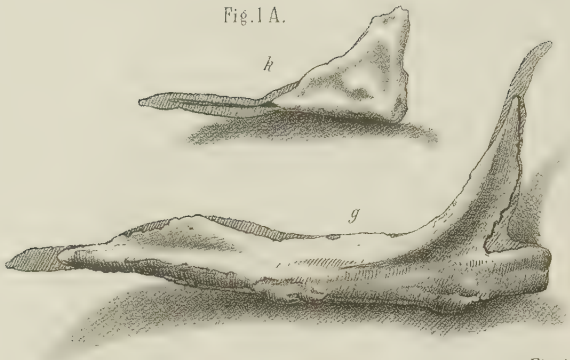


Fig. 2.

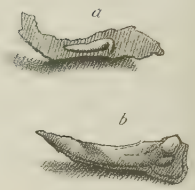


Fig. 1 B.

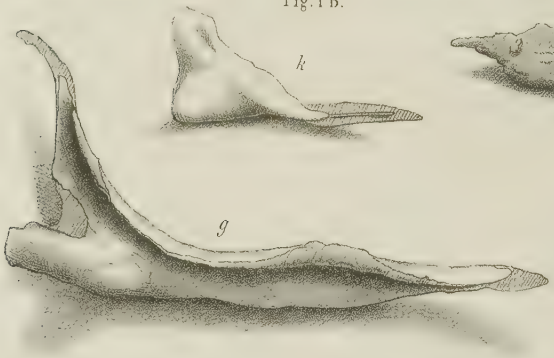


Fig. 4.

Fig. 3.

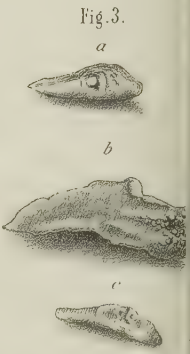


Fig. 7.

Fig. 5.

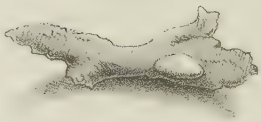
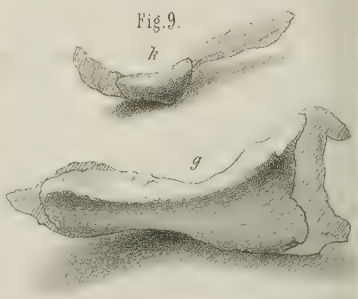


Fig. 6.

Fig. 8.

Fig. 9.



Vaerst, Herzknochen bei Wiederkäuern.

Fig. 10.

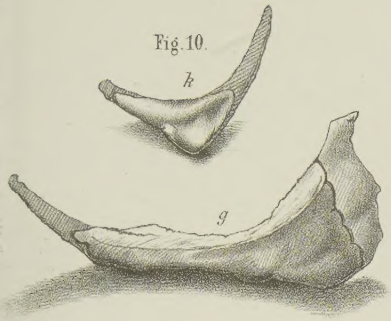


Fig. 11.

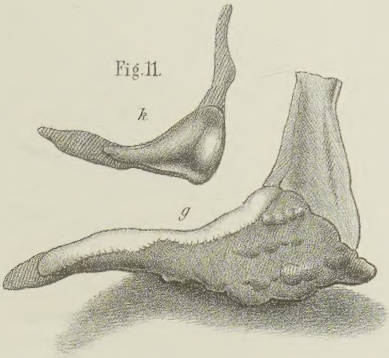


Fig. 12.

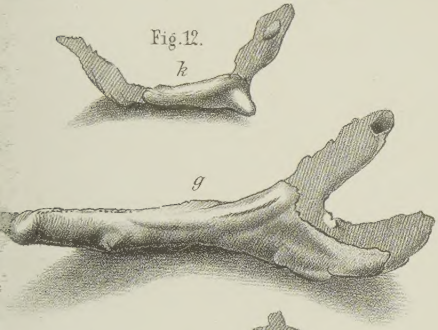
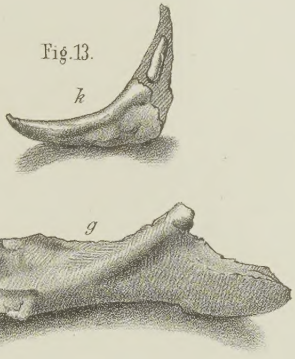


Fig. 13.



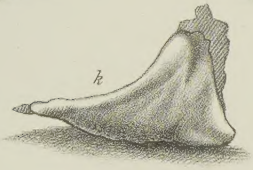


Fig. 14.

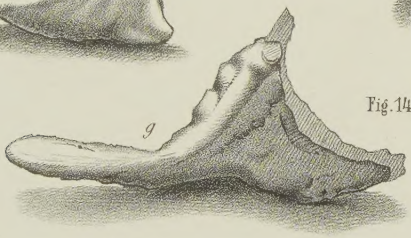


Fig. 15.

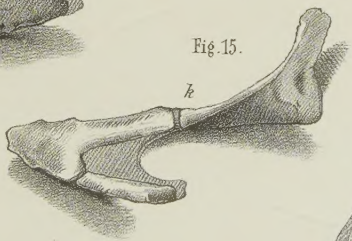
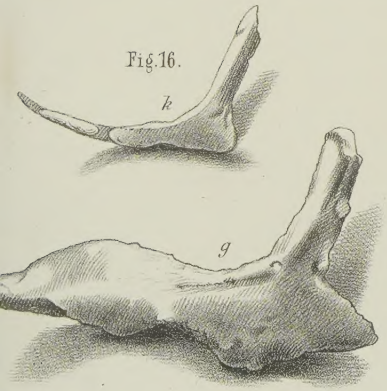
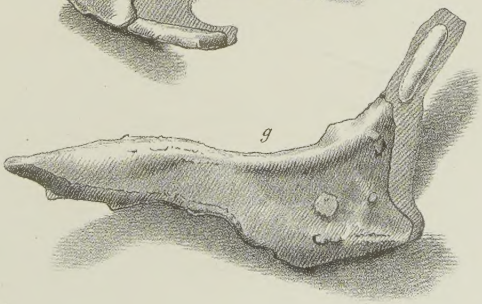


Fig. 16.





l in Leipzig.

Lith. Anst. v. E. A. Funke, Leipzig.